

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-42233  
(P2001-42233A)

(43)公開日 平成13年2月16日(2001.2.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 26/08

識別記号

F I  
G 0 2 B 26/08

ターム(参考)  
E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-212336

(22)出願日 平成11年7月27日(1999.7.27)

(71)出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社  
東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72)発明者 加藤 嘉睦

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本  
航空電子工業株式会社内

(72)発明者 森 恵一

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本  
航空電子工業株式会社内

(74)代理人 100066153

弁理士 草野 卓 (外1名)

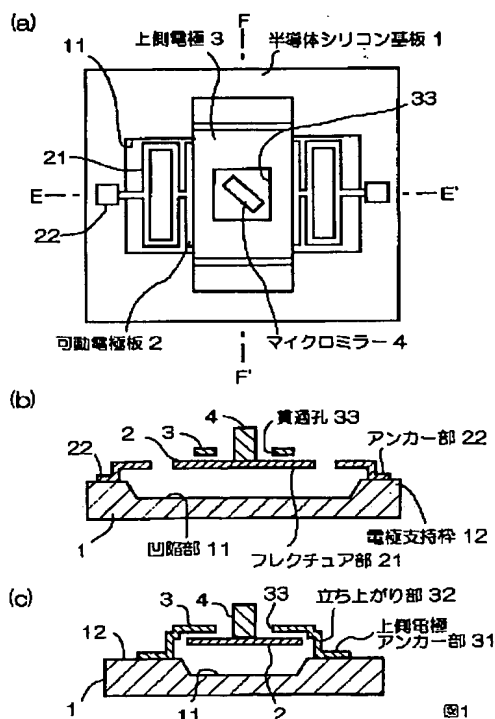
Fターム(参考) 2H041 AA04 AB14 AC04 AZ02

(54)【発明の名称】 光スイッチ

(57)【要約】

【課題】 反射或は通過せしめることにより光をオン、オフするミラーを載置取り付けた極めて柔軟な構造の可動板を吸着して外部振動の影響を蒙らない光スイッチを提供する。

【解決手段】 下側電極を構成する半導体シリコン基板1、フレクチュア部およびアンカー部22を介して半導体シリコン基板1に取り付け結合される可動電極板2、可動電極板2の上面に直立形成されるマイクロミラー4、可動電極板2の上側に位置して半導体シリコン基板1に取り付け結合される上側電極3、可動電極板2を基準として上側電極3および半導体シリコン基板1に極性転換スイッチを介して接続される駆動電源5より成る光スイッチ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下側電極を構成する半導体シリコン基板、フレクチュア部およびアンカー部を介して半導体シリコン基板に取り付け結合される可動電極板、可動電極板の上面に直立形成されるマイクロミラー、可動電極板の上側に位置して半導体シリコン基板に取り付け結合される上側電極、可動電極板を基準として上側電極および半導体シリコン基板に極性転換スイッチを介して切り替え接続される駆動電源より成ることを特徴とする光スイッチ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載される光スイッチにおいて、半導体シリコン基板は n 型半導体シリコンより成り、可動電極板および上側電極はポリシリコンより成り、マイクロマシニング技術を適用して構成したものであることを特徴とする光スイッチ。

【請求項 3】 請求項 1 および請求項 2 の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、上側電極はその下面中央部に可動電極板収容凹部が形成されると共にこの中央部を通り相互に交差して上側電極の全幅に亘って延伸する可動電極板収容凹部より深い第 1 の光通路および第 2 の光通路が形成される上蓋より成るものであることを特徴とする光スイッチ。

【請求項 4】 請求項 1 ないし請求項 3 の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、下側電極を構成する半導体シリコン基板の上面に可動電極板が進入する凹陥部を形成したことを特徴とする光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、光スイッチに関し、特に、反射或は通過せしめることにより光をオン、オフするミラーを載置取り付けた極めて柔軟な構造の可動板を吸着して外部振動の影響を蒙らない光スイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来例を図 10 および図 11 を参照して説明する。1 は半導体シリコン基板、2 は可動電極板、4 はマイクロミラーを示す。半導体シリコン基板 1 は一例として n 型半導体シリコンより成り、下側電極を構成すると共に可動電極板 2 が取り付け固定される。この半導体シリコン基板 1 の中央部には凹陥部 11 が形成され、その結果、凹陥部 11 の周縁は先の電極を取り付け固定する電極支持枠 12 を構成している。

【0003】 可動電極板 2 も、半導体シリコン基板 1 と同様に、半導体シリコンを材料として形成される。21 はフレクチュア部、22 はアンカー部である。可動電極板 2 はフレクチュア部 21 およびアンカー部 22 と一体に構成され、これらフレクチュア部 21 およびアンカー部 22 をこの順に介して半導体シリコン基板 1 の電極支

持枠 12 に取り付け固定されている。

【0004】 マイクロミラー 4 は、可動電極板 2 の上面に直立して固定されている。マイクロミラー 4 の反射面は光の進入方向に関して一例として  $45^\circ$  に傾斜して形成されている。図 11 を参照して光スイッチによる光スイッチングを説明する。図 11 (a) は可動電極板 2 が吸引駆動されない定常状態を示す図である。この定常状態において、入射光はマイクロミラー 4 に入射し、これにより紙面に鉛直方向上向きに反射される。図 11

(b) は可動電極板 2 と半導体シリコン基板 1 との間に電位が印加され、可動電極板 2 が半導体シリコン基板 1 に吸引された駆動状態を示す図である。この駆動状態において、可動電極板 2 上面に形成されるマイクロミラー 4 は下に変位し、入射光はマイクロミラー 4 の上側を通過して直進する。以上の通りにして、入射光の進行方向および紙面に鉛直方向上向きの何れの方向についても、光のオン、オフ切り替えをすることができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 以上の光スイッチは、半導体シリコンの如き導電性の基板、この基板の上側に間隙を有して形成された導電性物質よりなる可動電極板、および可動電極板上面に形成されたマイクロミラーより成り、可動電極板と導電性基板との間に電位を印加して静電力により可動電極板を変位させ、光のオン、オフ切り替えをするものである。この場合、可動電極板と導電性基板との間に印加される駆動電圧を低減したいという要請から、可動電極板の支持構造物であるフレクチュア部は極めて柔軟繊細な構造に構成されている。これに起因して、可動電極板が導電性基板に吸着されていない定常状態において、可動電極板は外部振動の影響を強く受けて振動し、光信号のオン、オフ切り替え状態の安定性は損なわれる。そして、極めて柔軟繊細な構造のフレクチュア部は機械的に損傷破壊される恐れがある。

【0006】 この発明は、可動電極板の移動範囲の上側および下側の双方に可動電極板を静電力により保持する上側電極および下側電極を形成することにより上述の問題を解消した光スイッチを提供するものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 請求項 1：下側電極を構成する半導体シリコン基板 1、フレクチュア部およびアンカー部 22 を介して半導体シリコン基板 1 に取り付け結合される可動電極板 2、可動電極板 2 の上面に直立形成されるマイクロミラー 4、可動電極板 2 の上側に位置して半導体シリコン基板 1 に取り付け結合される上側電極 3、可動電極板 2 を基準として上側電極 3 および半導体シリコン基板 1 に極性転換スイッチを介して接続される駆動電源 5 より成る光スイッチを構成した。

【0008】 そして、請求項 2：請求項 1 に記載される光スイッチにおいて、半導体シリコン基板 1 は n 型半導体シリコンより成り、可動電極板 2 および上側電極 3 は

ポリシリコンより成り、マイクロマシニング技術を適用して構成したものである光スイッチを構成した。

また、請求項3：請求項1および請求項2の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、上側電極3はその下面中央部に可動電極板收容凹部34が形成されると共にこの中央部を通り相互に交差して上側電極3の全幅に亘って延伸する可動電極板收容凹部34より深い第1の光通路35および第2の光通路36が形成される上蓋より成るものである光スイッチを構成した。

【0009】更に、請求項4：請求項1ないし請求項3の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、下側電極を構成する半導体シリコン基板1の上面に可動電極板2が進入する凹陷部11を形成した光スイッチを構成した。

【0010】

【発明の実施の形態】この発明の実施の形態を図1の実施例を参照して説明する。図1(a)は第1の実施例を上から見た図、図1(b)は図1(a)における線E-E'に沿った断面を示す図、図1(c)は図1(a)における線F-F'に沿った断面を示す図である。

【0011】図1において、1は半導体シリコン基板、2は可動電極板、3は上側電極、4はマイクロミラー、5は駆動電源を示す。半導体シリコン基板1はn型半導体シリコンより成り、下側電極を構成すると共に可動電極板2および上側電極3が取り付け固定される。この半導体シリコン基板1の中央部には凹陷部11が形成され、その結果、凹陷部11の周縁は先の電極を取り付け固定する電極支持枠12を構成している。この凹陷部11には可動電極板2が吸引進入する領域である。

【0012】可動電極板2は、ポリシリコンを材料として形成される。21はフレクチュア部、22はアンカー部である。可動電極板2はフレクチュア部21およびアンカー部22と一体に構成され、これらフレクチュア部21およびアンカー部22をこの順に介して半導体シリコン基板1の電極支持枠12に取り付け固定されている。

【0013】上側電極3も、可動電極板2と同様に、ポリシリコンを材料として形成されている。31は上側電極アンカー部、32は立ち上がり部、33は上側電極3の中央部に形成される貫通孔を示す。上側電極3は立ち上がり部32および上側電極アンカー部31と一体に構成され、これら立ち上がり部32および上側電極アンカー部31をこの順に介して半導体シリコン基板1の電極支持枠12に取り付け固定されている。

【0014】マイクロミラー4は、可動電極板2の上面に直立して固定されている。マイクロミラー4の反射面は光の進入方向に関して一例として45°傾斜して形成されている。駆動電源5は、図示されない極性転換スイッチを介して、可動電極板2を基準として上側電極3或いは下側電極を構成する半導体シリコン基板1に切り替

え接続して光スイッチのオン、オフ切り替えを行う。

【0015】以下、図2および図3を参照して図1に示される第1の実施例の製造工程を説明する。

(工程1) n型半導体シリコンより成る半導体シリコン基板1の表面に、ポリシリコン膜a<sub>1</sub>を成膜し、パターンニングする。このポリシリコン膜a<sub>1</sub>の形状は工程8における半導体シリコン基板1のエッチング領域に対応している。

【0016】(工程2) 全表面にSiO<sub>2</sub>膜b<sub>1</sub>を成膜する。そして、SiO<sub>2</sub>膜b<sub>1</sub>の内の可動電極板2のアンカー部22が形成されるべき領域に対応するところのみを除去して半導体シリコン基板1表面を露出する。

(工程3) 工程3は可動電極板2形成工程である。露出領域を含めて全表面にポリシリコン膜a<sub>2</sub>を成膜し、ボロンを拡散する。なお、このボロンの拡散により半導体シリコン基板1の表面にもボロンが拡散し、この基板1の表面にpnジャンクションが形成される。このポリシリコン膜a<sub>2</sub>は露出領域に接触した状態で成膜される。ここで、ポリシリコン膜a<sub>2</sub>にフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を適用してアンカー部22、フレクチュア部21、および可動電極板2の形状にパターンニングする。

【0017】(工程4) 工程4および次の工程5は上側電極3形成工程である。全表面にSiO<sub>2</sub>膜を成膜する。このSiO<sub>2</sub>膜の内の上側電極アンカー部31が形成されるべき領域に対応するところのみを除去して半導体シリコン基板1表面を露出する。

(工程5) ポリシリコン膜a<sub>3</sub>を成膜し、ボロンを拡散する。このポリシリコン膜a<sub>3</sub>にフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を適用して上側電極3の形状にパターンニングする。

【0018】(工程6) 全表面にSiO<sub>2</sub>膜を成膜する。そして、このSiO<sub>2</sub>膜b<sub>3</sub>を含めてマイクロミラー4およびエッチングホールが形成されるべきところに対応する領域を除去する。即ち、マイクロミラー4が形成されるべきところは可動電極板2が形成されるポリシリコン膜a<sub>2</sub>の表面に到達している。エッチングホールが形成されるべきところは半導体シリコン基板1のエッチング領域に対応するポリシリコン膜a<sub>1</sub>の表面に到達している。

【0019】(工程7) 全表面にレジストc<sub>1</sub>を厚塗りする。ここで、露光、現像してミラー4が成長される領域を形成する。次いで、電解メッキによりマイクロミラー4が形成されるべきところにAu、Niその他の金属d<sub>1</sub>を成長させマイクロミラー4を形成する。

(工程8) レジストc<sub>1</sub>を除去する。次いで、KOH溶液をエッチングホールを介して注入し、半導体シリコン基板1およびその表面に形成されるポリシリコン膜a<sub>1</sub>をエッチング除去する。

【0020】(工程9) 残存しているSiO<sub>2</sub>膜bを

HF 溶液により除去する。次に、図 4 を参照して第 2 の実施例を説明する。図 4 (a) は第 2 の実施例を上から見た図、図 4 (b) は図 4 (a) における線 A-A' に沿った断面を示す図、図 4 (c) は図 4 (a) における線 B-B' に沿った断面を示す図である。第 2 の実施例において、第 1 の実施例と共通する部材には共通する参照符号を付与している。この第 2 の実施例は第 1 の実施例における上側電極アンカー部 31 および立ち上がり部 32 の形状構造を簡略化したものであり、その他の点についてはほぼ共通している。

【0021】半導体シリコン基板 1 は n 型半導体シリコンより成り、下側電極を構成すると共に可動電極板 2 および上側電極 3 が取り付け固定される。この半導体シリコン基板 1 の中央部には凹陷部 11 が形成され、その結果、凹陷部 11 の周縁は先の電極を取り付け固定する電極支持枠 12 を構成している。可動電極板 2 は、ポリシリコンを材料として形成される。21 はフレクチュア部、22 はアンカー部である。可動電極板 2 はフレクチュア部 21 およびアンカー部 22 と一体に構成され、これらフレクチュア部 21 およびアンカー部 22 をこの順に介して半導体シリコン基板 1 の電極支持枠 12 に取り付け固定されている。

【0022】上側電極 3 も、可動電極板 2 と同様に、ポリシリコンを材料として形成されている。31 は上側電極アンカー部、32 は立ち上がり部、33 は上側電極 3 の中央部に形成される貫通孔を示す。上側電極 3 は立ち上がり部 32 および上側電極アンカー部 31 と一体に構成され、これら立ち上がり部 32 および上側電極アンカー部 31 をこの順に介して半導体シリコン基板 1 の電極支持枠 12 に取り付け固定されている。

【0023】マイクロミラー 4 は、可動電極板 2 の上面に直立して固定されている。マイクロミラー 4 の反射面は光の進入方向に関して一例として 45° 傾斜して形成されている。図 5 を参照して以上の光スイッチによる光スイッチングについて説明する。図 5 (a) は可動電極板 2 の極性を正とし、上側電極 3 の極性を負として駆動電源 5 を接続した場合を示す。この場合、可動電極板 2 は上側電極 3 に吸引され、光は上に変位したマイクロミラー 4 に入射し、これにより紙面に鉛直方向上向きに反射される。

【0024】図 5 (b) は可動電極板 2 に対して半導体シリコン基板 1 の極性を正として駆動電源 5 を接続した場合を示す。この場合、可動電極板 2 は半導体シリコン基板 1 に駆動吸引され、可動電極板 2 上面に形成されるマイクロミラー 4 は下に変位し、入射光はマイクロミラー 4 の上側を通過して直進する。以上の通りにして、入射光の進行方向および紙面に鉛直方向上向きの何れの方法についても、光のオン、オフ切り替えをすることができる。

【0025】以上の通り、マイクロミラー 4 により光を

反射させる場合、および光をマイクロミラー 4 の上側を通過させる場合の何れの場合においても、可動電極板 2 は上側電極 3 或いは下側電極を構成する半導体シリコン基板 1 に吸着保持されているので、可動電極板 2 が外部振動の影響は受けない。図 6 および図 7 を参照して第 3 の実施例を説明する。図 6 (a) は第 3 の実施例を上から透視した図、図 6 (b) は図 6 (a) における線 G-G' に沿った断面を示す図、図 6 (c) は図 6 (a) における線 H-H' に沿った断面を示す図である。図 7 は上側電極を下から見た斜視図である。第 3 の実施例において、先の実施例と共通する部材には共通する参照符号を付与している。

【0026】光スイッチの第 3 の実施例は、上側電極 3 は可動電極板 2 に上下方向の変位を許容する可動電極板收容凹部 34 が下面中央部に形成される上蓋より成る。そして、上蓋より成る上側電極 3 の下面には、更に、その中心部を通り相互に交差して上側電極 3 の全幅に亘って延伸する可動電極板收容凹部 34 より深い第 1 の光通路 35 および第 2 の光通路 36 が形成されている。ここで、上蓋より成る上側電極 3 と半導体シリコン基板 1 を相互接合して、半導体シリコン基板 1 の上面中央部に形成される凹陷部 11 と上側電極 3 の下面に形成される可動電極板收容凹部 34 により形成される空間に可動電極板 2 とその表面に固定したマイクロミラー 4 が收容される。

【0027】以下、図 8 および図 9 を参照して図 6 および図 7 に示される第 3 の実施例の製造工程を説明する。図 7 に示される上側電極 3 は半導体シリコン基板にエッチング加工処理を施して予め製造しておく。

(工程 1) n 型半導体シリコン基板 1 の表面に、ポリシリコン膜  $a_1$  を成膜し、パターニングする。このポリシリコン膜  $a_1$  の形状は工程 8 における半導体シリコン基板 1 のエッチング領域に対応している。

【0028】(工程 2) 全表面に  $SiO_2$  膜  $b_1$  を成膜する。そして、この  $SiO_2$  膜  $b_1$  の内の可動電極板 2 のアンカー部 22 が形成されるべき領域に対応するところのみを除去して半導体シリコン基板 1 表面を露出する。

(工程 3) 工程 3 は可動電極板 2 形成工程である。露出領域を含めて全表面にポリシリコン膜  $a_2$  を成膜し、ボロンを拡散する。このポリシリコン膜  $a_2$  は露出領域に接触した状態で成膜される。ここで、ポリシリコン膜  $a_2$  にフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を適用してアンカー部 22、フレクチュア部 21、および可動電極板 2 の形状にパターニングする。

【0029】(工程 4) 全表面に  $SiO_2$  膜を成膜する。そして、この  $SiO_2$  膜  $b_3$  の内のマイクロミラー 4 が形成されるべきところに対応する領域を除去する。この  $SiO_2$  膜  $b_3$  を含めてエッチングホールが形成されるべきところに対応する領域をも除去する。即ち、マ

マイクロミラー 4 が形成されるべきところは可動電極板 2 が形成されるポリシリコン膜  $a_2$  の表面に到達している。エッチングホールが形成されるべきところは半導体シリコン基板 1 のエッチング領域に対応するポリシリコン膜  $a_1$  の表面に到達している。

【0030】(工程 5) 全表面にレジスト  $c_1$  を厚塗りする。ここで、露光、現像してミラー 4 が成長される領域を形成する。次いで、電解メッキによりマイクロミラー 4 が形成されるべきところに Au、Ni その他の金属  $d_1$  を成長させマイクロミラー 4 を形成する。

(工程 6) レジスト  $c_1$  を除去する。次いで、KOH 溶液をエッチングホールを介して注入し、半導体シリコン基板 1 およびその表面に形成されるポリシリコン膜  $a_1$  をエッチング除去する。

【0031】(工程 7) 残存している  $SiO_2$  膜  $b$  を HF 溶液により除去する。以上の通りにして構成された上側電極 3 と半導体シリコン基板 1 の端面同志を相互接合して光スイッチの第 3 の実施例の製造は終了する。ところで、可動電極板 2 のアンカー部 22 および上側電極 3 のアンカー部 31 における n 型半導体シリコン基板 1 との間の絶縁に関しては、ボロン拡散により n 型半導体シリコン基板 1 の表面近傍に生じた p n ジャンクションを利用し、逆バイアス電圧の印加により絶縁をとることができる。

【0032】また、可動電極板 2 が電圧の印加により下側電極を構成する半導体シリコン基板 1 或いは上側電極 3 に接触した場合の絶縁に関しては、格別の絶縁処理を施さなくても接触抵抗は大きく、接触面における電気伝導は実用上差し支えない程に小さい。そして、可動電極板と上および下側電極に印加する電圧は 2 mm 平方の半導体シリコン基板 1 を有する製品の場合で 5 V 程度であり、この程度の比較的に低い電圧により良好に吸着動作をする。

#### 【0033】

【発明の効果】以上の通りであって、この発明の光スイッチは、可動電極板は上側電極或いは下側電極の何れか一方に常に吸着固定されているので、外部振動の影響を殆ど受けず、光スイッチとしての動作信頼性を格段に向上することができる。そして、半導体シリコン基板を n 型半導体シリコンにより形成し、可動電極板および上側電極をポリシリコンにより形成することにより、マイクロマシニング技術の適用を容易にして光スイッチを構成することができる。そして、電極板間の絶縁には空乏層および接触抵抗を利用することにより単純な構成の光スイッチとすることができ、その分だけ光スイッチの製造

コストの低下に貢献している。

【0034】また、上側電極はその下面中央部に可動電極板収容凹部が形成されると共にこの中央部を通り相互に交差して上側電極の全幅に亘って延伸する可動電極板収容凹部より深い第 1 の光通路および第 2 の光通路が形成される上蓋より成るものとする事により、光スイッチの内の駆動される部材である可動電極板とその表面に固定したマイクロミラーが半導体シリコン基板の上面中央部に形成される凹陷部と上側電極の下面に形成される可動電極板収容凹部により形成される空間に収容されるので、これらの繊細脆弱な部材が保護されて損傷の恐れを小さくしている。そして、上側電極を半導体シリコン基板にエッチング加工処理を施して予め別に製造しておくことにより、半導体シリコン基板および可動電極板を含む上側電極以外の下側の製造工程が極端に簡略化される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】実施例を説明する図。

【図 2】図 1 の実施例の製造工程を説明する図。

【図 3】図 2 の続き。

【図 4】他の実施例を説明する図。

【図 5】光スイッチの切り替えを説明する図。

【図 6】更なる他の実施例を説明する図。

【図 7】更なる他の実施例の一部の斜視図。

【図 8】図 7 の実施例の製造工程を説明する図。

【図 9】図 8 の続き。

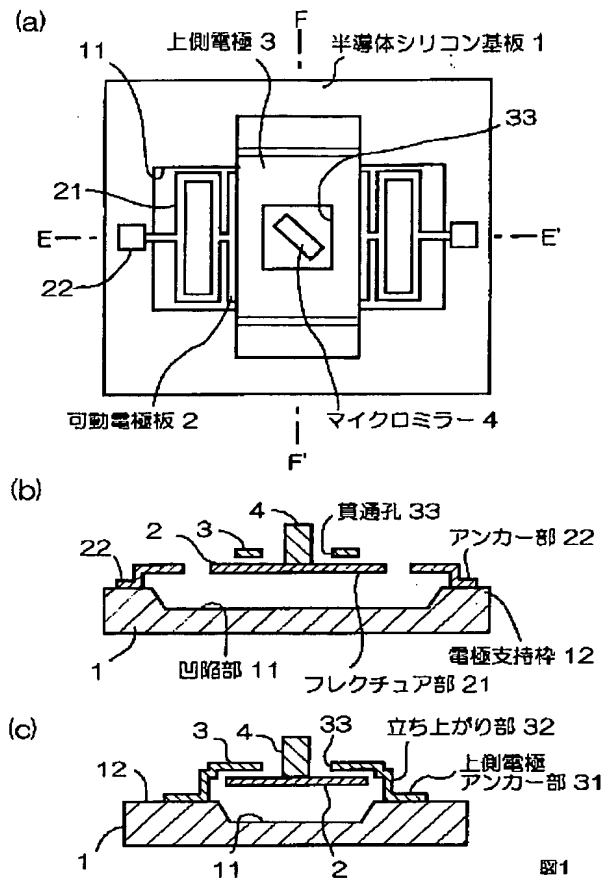
【図 10】従来例を説明する図。

【図 11】従来例の動作を説明する図。

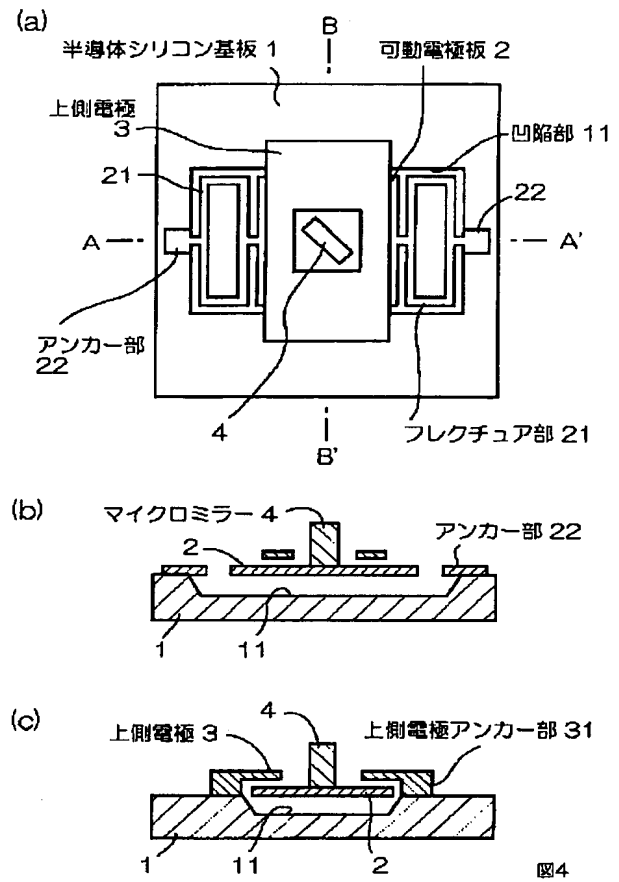
#### 【符号の説明】

- 1 半導体シリコン基板
- 11 凹陷部
- 12 電極支持枠
- 2 可動電極板
- 21 フレクチュア部
- 22 アンカー部
- 3 上側電極
- 31 上側電極アンカー部
- 32 立ち上がり部
- 33 貫通孔
- 34 可動電極板収容凹部
- 35 第 1 の光通路
- 36 第 2 の光通路
- 4 マイクロミラー
- 5 駆動電源

【図1】



【図4】



【図2】

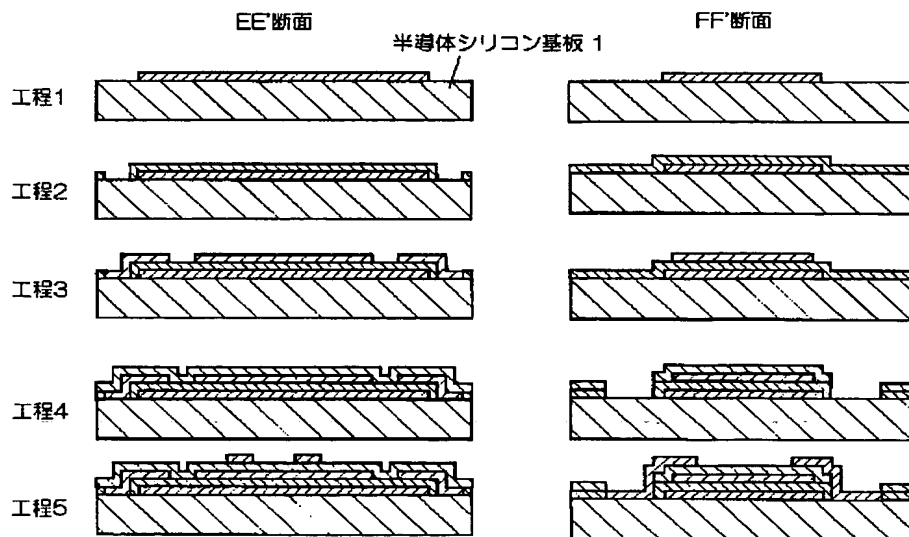
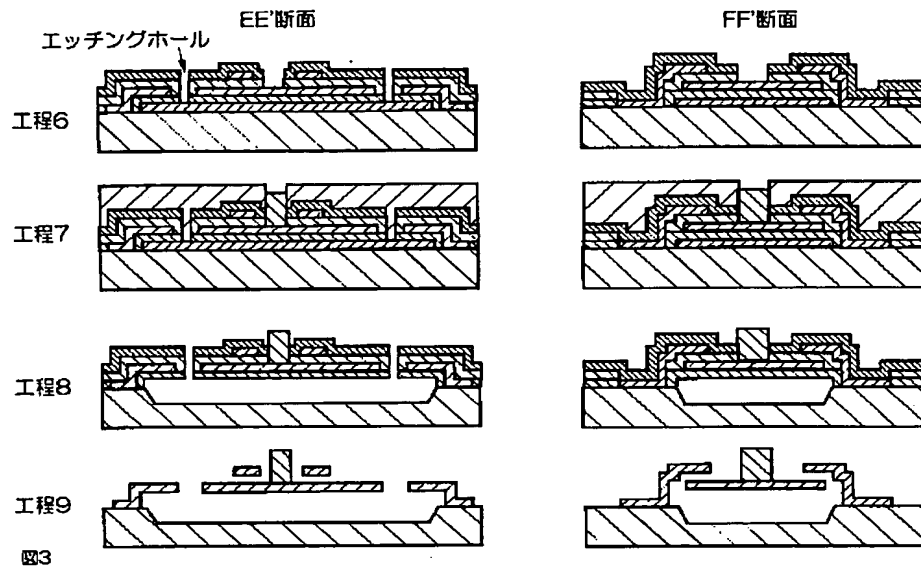


図2

【図3】



【図5】

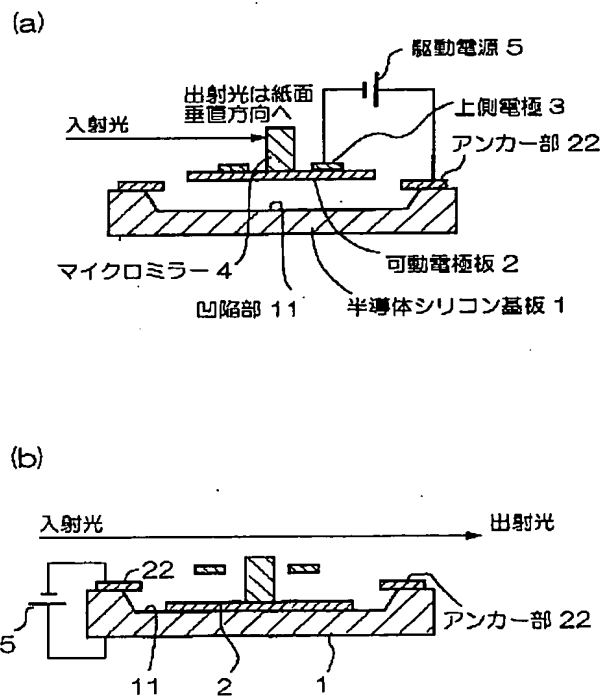


図5

【図6】

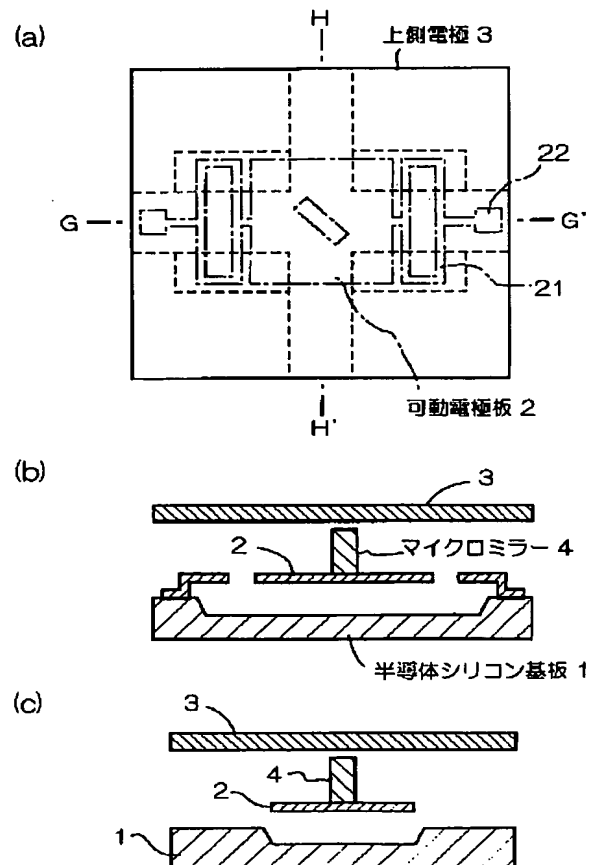


図6

【図7】

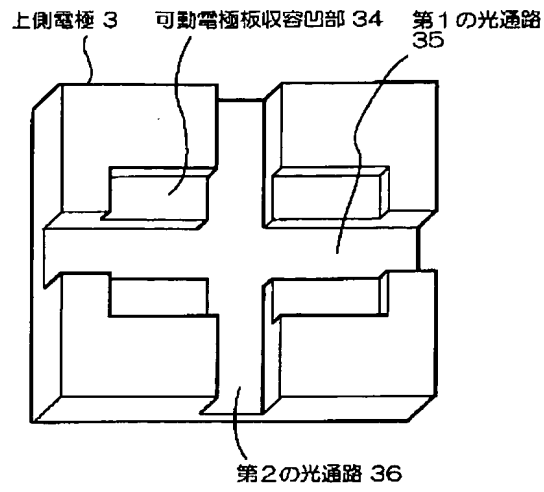


図7

【図8】

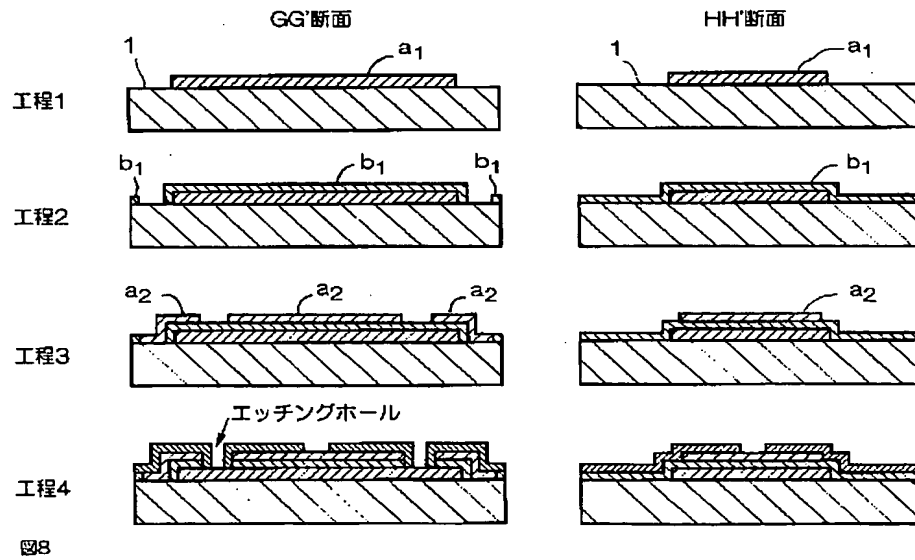
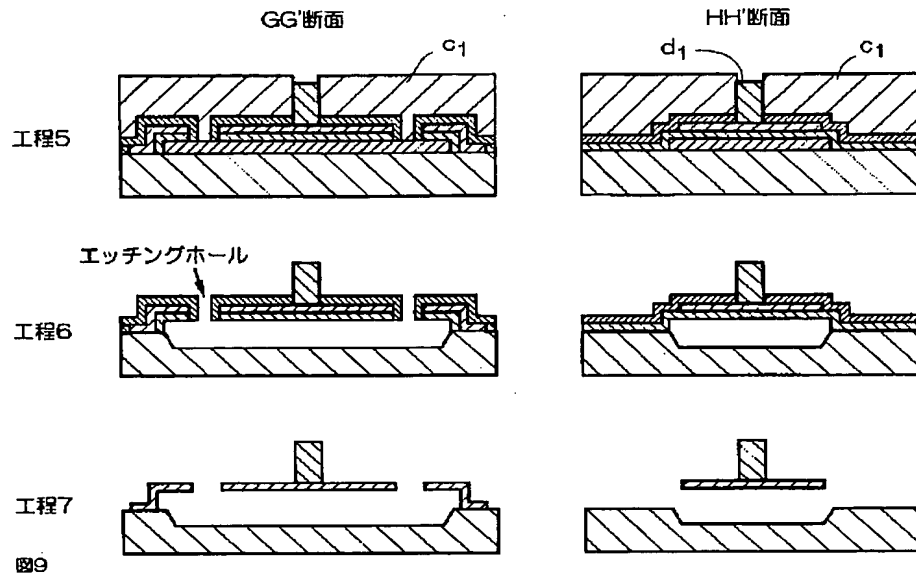


図8



【図9】



【図10】

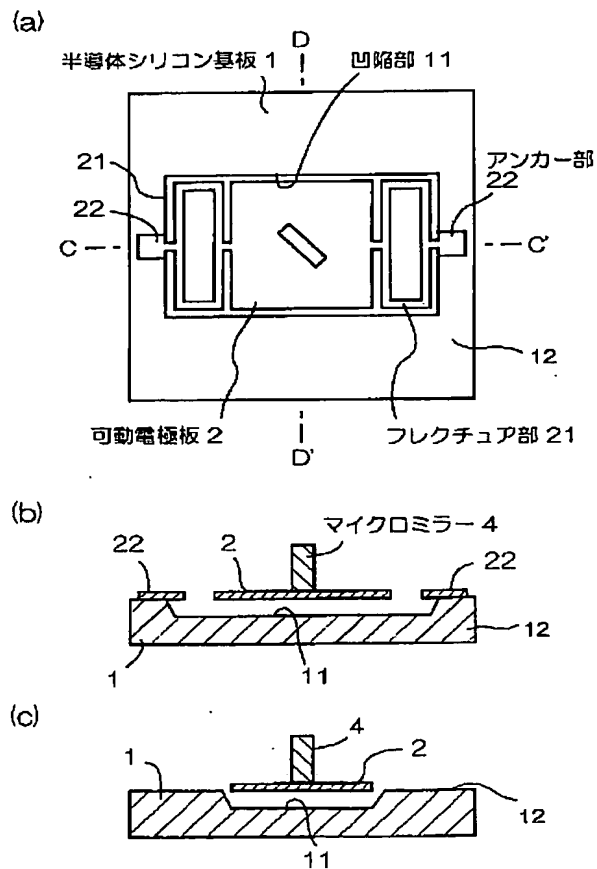


図10

【図11】

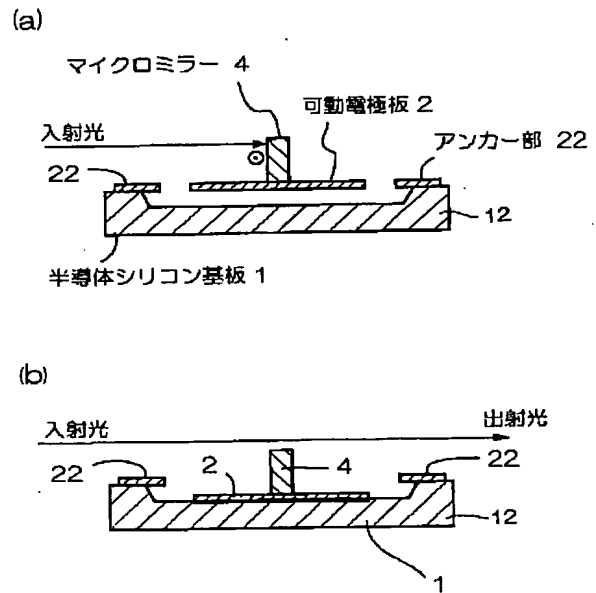


図11

## OPTICAL SWITCH

JAPAN PATENT OFFICE

PUBLICATION OF LAID-OPEN PATENT APPLICATION (A)

Publication number : 2001-42233

5 Date of publication of application : 16.02.2001

Int.CI<sup>7</sup>. G02B 26/08

In house reference number: F1

G02B

Theme code(Reference) : E 2H041

10 Examination is not requested yet.

The number of claims: 4 OL (9 pages in total)

TITLE OF INVENTION : OPTICAL SWITCH

APPLICATION NUMBER : 11-212336

DATE OF FILING : 27.07.1999

APPLICANT : JAPAN AVIATION ELECTRONICS  
INDUSTRY LIMITED, TOKYO (JP)

15 INVENTOR : KATOH, YOSHICHIKA

MORI, KEIICHI

ATTORNEY : KUSANO, SUGURU

## SPECIFICATIONS

20 1. TITLE OF INVENTION

OPTICAL SWITCH

2. CLAIM

1 An optical switch comprising:

25 a semiconductor silicon substrate that  
constitutes an underside electrode;a movable electrode plate that is fixed through  
a flexure portion and an anchor portion and is bonded  
into the semiconductor substrate;30 a micro mirror that is formed upstanding on a  
topside of the movable electrode plate;a topside electrode that is positioned at a topside  
of the movable electrode plate and is fixedly bonded  
to the semiconductor silicon substrate; and35 a driving power source that switches a connection  
to the topside electrode and the semiconductor

silicon substrate through a polarity reversal switch with reference to the movable electrode plate.

2 The optical switch set forth in claim 1, wherein the semiconductor silicon substrate is composed  
5 of an N-type semiconductor silicon, the movable electrode plate and the topside electrode are composed of polysilicon and micromachining technology is used.

3 The optical switch set forth in any of claim 1  
10 or claim 2, wherein

the topside electrode has centrally thereof a movable electrode plate receiving recess formed in an underside surface of the topside electrode and a top lid wherein a first light beam passage and a  
15 second light beam passage crossing each other through the central portion, extending throughout overall width of the topside electrode and being deeper than the movable electrode plate receiving recess are formed.

20 4 The optical switch set forth in any of claim 1 or claim 3, wherein

there is formed a recess that the movable electrode  
plate pulls into in a topside surface of the semiconductor silicon substrate constituting an  
25 underside electrode.

[0001]

[FIELD OF THE INVENTION]

This invention relates to an optical switch and, more  
30 particularly, to an optical switch that is not influenced for bad by an outside vibration or oscillation by attracting a movable plate of a quite elastical structure wherein a mirror switching ON and OFF a light beam by letting the light beam pass  
35 through or be reflected is mounted.

[0002]

## [BACKGROUND OF THE INVENTION]

The prior art optical switch will be described with reference to FIGS.10 to 11. Reference numerals denote that 1 is a semiconductor silicon substrate, 2 is a movable electrode plate and 4 is a micro mirror. Semiconductor substrate 1 made up of an n-type semiconductor silicon as an example constitutes an underside electrode and movable electrode 2 is fixed. At a central portion of this semiconductor silicon substrate, recess 11 is formed and as a result of this figure, a peripheral area of recess 11 constitutes electrode supporting frame 12 for fixing the movable electrode.

[0003]

Movable electrode plate 2, just like semiconductor silicon substrate 1, is formed of a material such as semiconductor silicon. Reference numeral 21 is a flexure portion and reference numeral 22 is an anchor portion. Movable electrode plate 2 is integrally formed with flexure portion 21 and anchor portion 22 and is fixedly fitted into electrode supporting frame 12 of semiconductor silicon substrate 1 via flexure portion 21 and anchor portion 22 in this order.

[0004]

Micromirror 4 is fixedly fitted into a topside surface of movable electrode plate 2 standing upright. A reflecting surface of micro mirror 4 is formed at a slant, for example, at an angle of 45 degrees with respect to an incoming direction of a light beam. An optical switching by an optical switch will be described with reference to FIG.11. FIG.11(a) illustrates a steady state that movable electrode plate 2 is not driven by an attraction. In this steady state, an incident light beam enters into micromirror 4 and thereby is reflected upwardly at a vertical direction to this diagram. FIG.11(b) illustrates a driven state that by applying a voltage between

movable electrode plate 2 and semiconductor silicon substrate 1, movable electrode plate 2 is attracted toward semiconductor silicon substrate 1. In this driven state, micro mirror 4 formed on a topside surface of movable electrode plate 2 is displaced downwardly and an incident light beam passes over an upper portion of micro mirror 4 and proceeds directly. Accordingly, with regard to any of a proceeding direction and an upward vertical direction of an incident light beam, a light beam can be switched ON and OFF.

[0005]

[OBJECTS TO BE OVERCOME]

The foregoing optical switch consists of a conductive substrate like semiconductor silicon, a movable electrode plate of a conductive material formed on an upper portion of this substrate with space and a micro mirror formed on a topside surface of the movable electrode plate and the application of a driving voltage between the movable electrode plate and the conductive substrate causes the movable electrode plate to be displaced by an electrostatic drive, the light beam is thereby switched ON and OFF. In this case, in consideration of a request for lowering the driving voltage applied between the movable electrode plate and the conductive substrate, the flexure portion of a structure supporting the movable electrode plate is formed of a quite elastically fine structure. Due to this structure, in the steady state that the movable electrode plate is not absorbed to the conductive substrate, the movable electrode plate is oscillated receiving an outside vibration largely and stability characteristic of a switched ON and OFF of the optical switch is deteriorated. And also, the flexure portion of the quite elastically fine structure might

be mechanically damaged and broken.

[0006]

It is therefore an object of this invention to provide an optical switch that solves the foregoing drawbacks by forming a topside electrode and an underside electrode holding a movable electrode plate at both of an upper side and a lower side within a movement region of the movable electrode plate with an electrostatic force.

10

[0007]

[MEASUREMENTS TO OVERCOME THE DRAWBACKS]

Claim 1: An optical switch includes semiconductor silicon substrate 1 that constitutes an underside electrode, movable electrode plate 2 that is fixed through a flexure portion and anchor portion 22 and bonded into semiconductor substrate 1, micro mirror 4 that is formed upstanding in a topside surface of movable electrode plate 2, topside electrode 3 that is positioned at a topside of the movable electrode plate and is fixedly bonded into the semiconductor silicon substrate 1 and driving power source 5 that switches a connection to topside electrode 3 and semiconductor silicon substrate 1 through a polarity reversal switch with reference to movable electrode plate 2.

25

[0008]

And, claim 2: The optical switch set forth in claim 1, wherein semiconductor silicon substrate 1 is composed of an N-type semiconductor silicon, movable electrode plate 2 and topside electrode 3 are composed of polysilicon and micromachining technology is used. Also, claim 3: The optical switch set forth in any of claim 1 or claim 2, wherein topside electrode 3 has centrally thereof movable electrode plate receiving recess 34 formed in an underside surface of topside electrode 3 and a top lid wherein a first

30

35

light beam passage 35 and a second light beam passage 36 crossing each other through the central portion, extending throughout all width of the topside electrode and being deeper than movable electrode plate receiving recess 34 are formed.

[0009]

Further, claim 4: The optical switch set forth in any of claim 1 or claim 3, wherein there is formed recess 11 that movable electrode plate 2 pulls into in a topside surface of semiconductor silicon substrate 1 constituting an underside electrode.

[0010]

[EXAMPLES OF THE PREFERRED EMBODIMENTS]

An embodiment of this invention will be described with reference to an embodiment example of FIG.1. FIG.1(a) is a view of a first embodiment looking from above, FIG.1(b) is a sectional view taken along line E-E' in FIG.1 and FIG.1(c) is a sectional view taken along line F-F' in FIG.1(a).

[0011]

In FIG.1, reference numerals denote that 1 is a semiconductor silicon substrate, 2 is a movable electrode plate, 3 is a topside electrode, 4 is a micro mirror and 5 is a power source. Semiconductor silicon substrate 1 composed of N-type conductive silicon constitutes an underside electrode and movable electrode plate 2 and topside electrode 3 are fixedly fitted into semiconductor silicon substrate 1. At a central portion of semiconductor silicon substrate 1, recess 11 is formed and as a result of this structure, a peripheral portion of recess portion 11 constitutes electrode supporting frame 12 that fixedly fits into the movable electrode plate. Recess 11 is an area where movable electrode plate 2 pulls into and is attracted there.

[0012]

Movable electrode plate 2 is formed of a polysilicon material. Reference numeral 21 is a flexure portion and reference numeral 22 is an anchor portion. Movable electrode plate 2 is integrally formed with  
5 flexure portion 21 and anchor portion 22 and is fixedly fitted into electrode supporting frame 12 of semiconductor silicon substrate 1 through flexure portion 21 and anchor portion 22 in this order.

[0013]

10 Topside electrode 3, just like movable electrode plate 2, is formed of a polysilicon material. Reference numerals denote that 31 is a topside electrode anchor portion, 32 is a rising portion and 33 is a through-bore formed at a central portion of  
15 topside electrode 3. Topside electrode 3 is integrally formed with rising portion 32 and topside electrode anchor portion 31 and is fixedly fitted into electrode supporting frame 12 of semiconductor silicon substrate 1 through rising portion 32 and  
20 topside electrode anchor portion 31 in this order.

[0014]

Micro mirror 4 is fixedly fitted into a topside surface of movable electrode plate 2 standing upright. A reflecting plane of micro mirror 4 is formed at a  
25 slant with respect to an incoming direction of a light beam, for example, at an angle of 45 degrees. Driving power source 5 switches ON and OFF the optical switch by connecting to semiconductor silicon substrate 1 constituting topside electrode 3 and an underside  
30 electrode with reference to movable electrode plate 2 through a polarity reversal switch (not shown).

[0015]

As below, a description will be given of each step involved in the manufacture of the first embodiment  
35 depicted in FIG.1 with reference to FIGS.1 to 2.  
Step 1: Semiconductor silicon substrate 1 of an N-type conductive silicon is coated on its surface with



polysilicon film  $a_1$  and is patterned thereto. A shape of polysilicon film  $a_1$  corresponds to an etching area of semiconductor silicon substrate 1 in step 8.

[0016]

5 Step 2: A  $\text{SiO}_2$  film is formed over the entire surface of polysilicon film  $a_2$ . Only an area corresponding to an area where to form anchor portion 22 of movable electrode plate 2 within the  $\text{SiO}_2$  film is removed to expose a surface of semiconductor silicon substrate  
10 1.

Step 3: This step 3 is a step to form movable electrode plate 2. Polysilicon film  $a_2$  is formed over the entire surface including the exposed area to diffuse boron thereto. Due to this diffusion of boron, boron is  
15 diffused into the surface of semiconductor silicon substrate 1 and a PN junction is formed on the surface of substrate 1. This polysilicon film  $a_2$  is formed in a state of being in contact to the exposed area. Then, polysilicon film  $a_2$  is patterned to make anchor  
20 portion 22, flexure portion 21 and movable electrode plate 2 by using photolithography and etching technologies.

[0017]

Step 4: Steps 4 to 5 are steps to form topside electrode  
25 3. A  $\text{SiO}_2$  film is formed over the entire surface thereof. Only an area corresponding to an area where to form topside electrode anchor portion 31 within the  $\text{SiO}_2$  film is removed to expose a surface of semiconductor silicon substrate 1.

30 Step 5: Polysilicon film  $a_3$  is formed to diffuse boron thereto. Then, polysilicon film  $a_3$  is patterned to a shape of topside electrode 3 by using photolithography and etching technologies.

[0018]

35 Step 6: A  $\text{SiO}_2$  film is formed over the entire surface thereof. Then, areas corresponding to areas where to form micro mirror 4 and an etching hole including

this  $\text{SiO}_2$  film  $b_3$  are removed. That is, an area where to make micro mirror 4 extends down to the surface of polysilicon film  $a_2$  where to form movable electrode plate 2. An area where to make the etching hole  
 5 extends down to the surface of polysilicon film  $a_1$  corresponding to an etching area of semiconductor silicon substrate 1.

[0019]

Step 7: A resist film is thickly coated all over the  
 10 surface. Then, an area where to make mirror 4 through exposure and development is formed. An area of micro mirror 4 to be formed is filled with gold (Au), nickel (Ni) or another metal  $d_1$  by electric plating to make micro mirror 4.

15 Step 8: The resist film is removed. A KOH solution flows through the etching hole, by which semiconductor silicon substrate 1 and polysilicon film  $a_1$  formed over its surface are etched away.

[0020]

20 Step 9: Residual  $\text{SiO}_2$  film  $b$  therein is removed away by a HF solution. Next, a second embodiment will be described with reference to FIG. 4. FIG. 4(a) is a view  
 looking the second embodiment from above, FIG. 4(b) is a sectional view taken along line A-A' in FIG. 4(a)  
 25 and FIG. 4(c) is a sectional view taken along line B-B' in FIG. 4(a). In this second embodiment, the parts in common with those in the first embodiment are identified by the same reference notes. In this second embodiment, configurations of topside  
 30 electrode anchor portion 31 and rising portion 32 described in the first embodiment are simplified, but others are almost the same.

[0021]

Semiconductor silicon substrate 1 is composed of  
 35 N-type conductive silicon and constitutes an underside electrode, and movable electrode plate 2 and topside electrode 3 are fixedly fitted thereto.

Recess 11 is formed at a central portion of semiconductor silicon substrate 11 and as a result, a peripheral portion of recess 11 constitutes electrode supporting frame 12 to fixedly fit into the movable electrode plate. Movable electrode plate 2 is formed of a polysilicon material. Reference numerals denote that 21 is a flexure portion and 22 is anchor portion. Movable electrode plate 2 is integrally formed with flexure portion 21 and anchor portion 22 and is fixedly fitted onto electrode supporting frame 12 of semiconductor silicon substrate 1 through flexure portion 21 and anchor portion 22 in this order.

[0022]

Topside electrode 3, just like movable electrode plate 2, is formed of a polysilicon material. Reference numerals denote that 31 is a topside electrode anchor portion, 32 is a rising portion and 33 is a through-bore to be formed at a central portion of topside electrode 3. Topside electrode 3 is integrally formed with rising portion 32 and topside electrode anchor portion 31 and is fixedly fitted into electrode supporting frame 12 of semiconductor silicon substrate 1 through rising portion 32 and topside electrode anchor portion 31 in this order.

[0023]

Micro mirror 4 is fixed into a topside surface of movable electrode plate 2 standing upright. A reflecting plane of micro mirror 4 is formed at a slant, for example, at an angle of 45 degrees with respect to an incoming direction of a light beam. The forgoing optical switching by an optical switch will be described with reference to FIG.5. FIG.5(a) represents a case where driving power source 5 is applied to movable electrode plate 2 with a positive and topside electrode 3 with a negative. In this case, movable electrode plate 2 is attracted toward topside

electrode 3 and a light beam enters into displaced micro mirror 4 to thereby be reflected upwardly in a vertical direction with respect to this diagram. [0024]

5 FIG.5(b) represents a case where driving power source 5 is applied to semiconductor silicon substrate 1 with a positive with respect to movable electrode plate 2. In this case, movable electrode plate 2 is driven and attracted toward semiconductor silicon  
10 substrate 1, and micro mirror 4 to be formed on a topside surface of movable electrode plate 2 is displaced downwardly and then an incident light beam proceeds in a straight way passing over the topside of movable electrode plate 2. Accordingly, with  
15 regard to any of a proceeding direction and an upwardly vertical direction of an incident light beam with respect to this diagram, the light beam can be switched ON and OFF.

[0025]

20 Accordingly, in any of cases where a light beam is reflected by micromirror 4 and passes over the topside of micro mirror 4, movable electrode plate 2 is attracted toward and held into topside electrode 3 or semiconductor silicon substrate 1 constituting  
25 the underside electrode, so movable electrode plate 2 is not influenced for the outside vibration or oscillation. A third embodiment will be described with reference to FIGS.6 through 7. FIG.6(a) is a perspective view looking the third embodiment from  
30 above, FIG.6(b) is a sectional view taken along line G-G' in FIG.6(a) and FIG.6(c) is a sectional view taken along line H-H' depicted in FIG.6(a). FIG.7 is an oblique perspective view looking a topside electrode from under. In the third embodiment, the  
35 parts in common with those in the foregoing embodiments are identified by the same reference notes.

[0026]

The third embodiment of the optical switch consists of a top lid wherein topside electrode 3 has centrally thereof a movable electrode plate receiving recess  
 5 allowing movable electrode plate 2 to move upwardly and downwardly formed in an underside surface. Then, in the underside surface of topside electrode 3 consisting of the top lid, further a first light beam passage 35 and a second beam passage 36 crossing each  
 10 other passing through the central portion, extending throughout all width of topside electrode 3 and being deeper than movable electrode plate receiving recess 34 are formed. Then, topside electrode 3 consisting of the top lid and semiconductor silicon substrate  
 15 1 being bonded each other, movable electrode plate 2 and micro mirror 4 fixed into its surface are accommodated into an aerial space formed by recess 11 formed in a topside central portion of semiconductor silicon substrate 1 and movable  
 20 electrode receiving recess 34 formed in an underside surface of topside electrode 3.

[0027]

As below, a description will be given of each step for making the third embodiment depicted in FIGS.6  
 25 and 7 with reference to FIGS.8 to 9. Topside electrode 3 depicted in FIG.7 is prefabricated by processing an etching on a semiconductor silicon substrate.

Step 1: N-type semiconductor silicon substrate 1 is  
 30 coated on its surface with polysilicon film  $a_1$  and is patterned. A shape of this polysilicon film  $a_1$  corresponds to an etching area of semiconductor silicon substrate 1 in step 8.

[0028]

35 Step 2:  $\text{SiO}_2$  film  $b_1$  is formed over the entire surface thereof. Only an area where to form anchor portion of movable electrode plate 2 within  $\text{SiO}_2$  film  $b_1$  is

removed to expose the surface of semiconductor silicon substrate 1.

Step 3: step 3 is a step to form movable electrode plate 2. Polysilicon film  $a_2$  is formed over the entire surface including the exposed area to diffuse boron thereinto. This polysilicon film  $a_2$  is formed in a state of being in contact to the exposed area. Then, polysilicon film  $a_2$  is patterned to the shapes of anchor portion 22, flexure portion 21 and movable electrode plate 2 by using photolithography and etching technologies.

[0029]

Step 4: A  $\text{SiO}_2$  film is formed over the entire surface thereof. Then, an area corresponding to an area where to make micro mirror 4 within  $\text{SiO}_2$  film  $b_3$  is removed. An area corresponding to an area where to form an etching hole including this  $\text{SiO}_2$  film  $b_3$  is removed, too. That is, an area where to make micro mirror 4 extends to the surface of polysilicon film  $a_2$  where movable electrode plate 2 is formed. An area where to form the etching hole extends to the surface of polysilicon film  $a_1$  corresponding to an etching area of semiconductor silicon substrate 1 is removed, too.

[0030]

Step 5: A resist film is thickly coated over the entire surface thereof. Then, an area to make mirror 4 by exposure and development is formed. Next, the area is filled with gold (Au), nickel (Ni) or another metal  $d_1$  by electric plating to make micro mirror 4.

Step 6: Resist film is removed. Then, a KOH solution flows via the etching hole and semiconductor silicon substrate 1 and polysilicon film  $a_1$  formed on its surface are etched away.

[0031]

Step 7: Residual  $\text{SiO}_2$  film  $b$  is removed by a HF solution. End surfaces of topside electrode 3 and semiconductor silicon substrate 1 of the constitution as described

before are bonded each other, and then the fabrication of the third embodiment of the optical switch is finished. By the way, with regard to insulation between anchor portions 22 and 31b of movable electrode plate 2 and topside electrode and N-type semiconductor silicon substrate 1, the PN junction created on the adjacent surface of semiconductor silicon substrate 1 due to diffused boron is used to realize insulation by applying a reverse-biased voltage.

[0032]

Also, with regard to insulation when an application of a voltage causes movable electrode plate 2 to contact to semiconductor silicon substrate 1 constituting the underside electrode or topside electrode 3, even without a specific insulating process, contact resistance is so large that electric conduction at a contact surface is small sufficient for a practical use. And, a voltage to apply to the movable electrode plate, the topside and underside electrodes is around 5V in a case of a product with 2mm square of semiconductor silicon substrate 1 and with this relatively low voltage, an optimum action of attraction is performed.

25

[0033]

[EFFECT OF THE INVENTION]

Accordingly, the movable electrode plate is always fixedly attracted toward any of the topside electrode or the underside electrode, so the optical switch of this invention is not influenced by the effect of the outside vibration or oscillation and action reliability as the optical switch can be enhanced greatly. Then, the semiconductor silicon substrate is made up of N-type semiconductor silicon and the movable electrode plate and the topside electrode are made up of polysilicon, so application of

micromachining technology is made easier to be able to constitute the optical switch. And also, with regard to insulation between electrodes, utilization of the aerially spaced layer and contact resistance  
5 realizes the optical switch of the simple configuration to thereby contribute to lower the production cost of the optical switch.

[0034]

Further, the topside electrode consists of the top  
10 lid where the movable electrode plate receiving recess is formed at the underside surface central portion thereof and the first optical passage and the second optical passage that pass through the central portion and extend throughout all width of  
15 the topside electrode crossing each other and are deeper than the movable electrode plate receiving recess are formed, thus, the movable electrode plate that is a movable element to be driven within the optical switch and the micro mirror fixed on its  
20 surface are accommodated into the aerial space formed by the recess formed at the central portion of the topside surface of the semiconductor silicon substrate and the movable electrode plate receiving recess. Therefore, these elements of delicate  
25 vulnerability are protected and decrease the possibility of the damages. The topside electrode being separately prefabricated by processing the etching on the semiconductor silicon substrate, the steps of manufacturing the underside parts other than  
30 topside electrode including the semiconductor silicon substrate and the movable electrode plate get greatly simplified.

#### 4. BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

35 FIG.1 is a view describing the embodiment.

FIG.2 is a view describing the manufacturing step of the embodiment depicted in fig.1.



Fig.3 is a continuation of FIG.2.

FIG.4 is a view describing other embodiment.

FIG.5 is a view describing the optical switching.

FIG.6 is a view describing further other embodiment.

5 FIG.7 is a perspective view of a part of further other embodiment.

FIG.8 is a view describing the manufacturing step of the embodiment of FIG.7.

FIG.9 is a continuation of FIG.8.

10 FIG.10 is a view describing the prior art.

FIG.11 is a view describing the action of the prior art.

[Denotes of references]

- 1. SEMICONDUCTOR SILICON SUBSTRATE
- 15 11.RECESS
- 12.ELECTRODE SUPPORTING FRAME
- 2. MOVABLE ELECTRODE PLATE
- 21.FLEXURE PORTION
- 22.ANCHOR PORTION
- 20 3. TOPSIDE ELECTRODE
- 31.TOPSIDE ELECTRODE ANCHOR PORTION
- 32.RISING PORTION
- 33 THROUGH-BORE
- 34.MOVABLE ELECTRODE PLATE RECEIVING RECESS
- 25 35.FIRST OPTICAL PASSAGE
- 36.SECOND OPTICAL PASSAGE
- 4. MICRO MIRROR
- 5. DRIVING POWER SOURCE